

УДК 656.084

*А. А. КАШКАНОВ*, канд. техн. наук, доц. ВНТУ, Вінниця**МІНІМІЗАЦІЯ СУБ'ЄКТИВНОСТІ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ  
В ЗАДАЧАХ АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ  
ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД**

Розглянуті причини виникнення суб'єктивної невизначеності експертного оцінювання при проведенні експертиз дорожньо-транспортних пригод, та її вплив на інтерпретацію аналітичних результатів досліджень і розрахунків. Запропоновано шляхи мінімізації суб'єктивності експертного оцінювання під час розв'язування типових задач автотехнічної експертизи, що базуються на використанні системи узагальнюючих функцій, побудованих на основі аксіом теорії ймовірностей, нечіткої логіки та обробки числових даних.

**Ключові слова:** система водій-автомобіль-дорога, суб'єктивна невизначеність, експертне оцінювання, прийняття рішень, експертиза дорожньо-транспортних пригод.

**Вступ.** Проблема безпеки на автомобільному транспорті України час від часу стає об'єктом активного обговорення у засобах масової інформації та підвищеної активності з боку вищих посадових осіб держави, Державного департаменту ДАІ тощо. Адже у 2012 р. в Україні було скоєно 30660 дорожньо-транспортних пригод (ДТП) з постраждалими, в яких загинуло 5094 та поранено 37503 осіб [1]. Кількість загиблих у ДТП в Україні складає приблизно 14 % від загиблих в ДТП у всій Європі, а кількість автомобілів становить лише 2,2 %. За оцінками експертів Всесвітнього банку, збитки народного господарства України від ДТП за кожен рік оцінюються майже у 9,3 млрд гривень або 3,5 % внутрішнього валового продукту (ВВП).

ДТП можна охарактеризувати як “розлагодження” взаємодії системи водій – автомобіль – дорога. Як правило, пригоди розвиваються за декілька секунд, а інколи за долі секунди. Як відомо, кожна ДТП має свої певні особливості, при чому в більшості пригод одночасно діють декілька видів причинно-наслідкових зв'язків. Це ускладнює експертизу ДТП і зумовлює те, що об'єктивність розслідування залежить від правильності вибору початкових даних та методики інженерного розрахунку [2-5].

**Аналіз основних досягнень і літератури.** Сучасна судова автотехнічна експертиза (САТЕ) є експертним дослідженням, що проводиться з метою встановлення механізму і обставин ДТП з врахуванням показників технічного стану АТЗ, якості та параметрів дороги, психофізіологічних характеристик її учасників та інших факторів [3].

Проведення САТЕ, як правило, пов'язано з розрахунками, для яких експерт в якості вихідних даних використовує результати тих чи інших вимірів, наданих йому слідчим або судом, а також типові довідкові дані – параметри і коефіцієнти, числові значення яких вибираються експертом самостійно із спеціальної науково-технічної і довідкової літератури у відповідності з характером та умовами скоєння ДТП [4]. В перелік таких характеристик і параметрів входять параметри, які характеризують ефективність гальмування АТЗ (час запізнення спрацювання гальмової системи, час наростання сповільнення, усталене сповільнення), час реакції водія; показники якості і стану дорожнього покриття, коефіцієнт зчеплення шин з дорогою, відомості про швидкість руху пішоходів, ухили та радіуси повороту дороги та ін..

Для проведення САТЕ експерту достатньо розрахувати ті чи інші параметри за відомими з теорії експлуатаційних властивостей автомобіля формулами. Проте отримати надійні і достовірні результати розрахунків можливо лише за умови

© А. А. Кашканов, 2013

підстановки в формули достовірних чисельних значень відповідних вихідних розрахункових даних – результатів вимірювань, параметрів та коефіцієнтів. Це має принципове значення, оскільки лише за умови достовірності вихідних даних можна говорити про обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів [2-5].

**Мета дослідження, постановка задачі.** Метою роботи є розробка шляхів мінімізації суб'єктивності експертного оцінювання під час розв'язування типових задач автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.

При вирішенні задач автотехнічної експертизи ДТП прийняття рішень відбувається в умовах неповноти інформації, тобто в умовах невизначеності.

В процесі прийняття рішень виникають різні види невизначеності в залежності від причин її появи. Зокрема розрізняють невизначеність [6]:

- кількісну, зумовлену значним числом об'єктів чи елементів в ситуації;
- інформаційну, обумовлену недостатністю інформації чи її неточністю через технічні, соціальні та інші причини;
- вартісну через надто дорогу чи недоступну плату за визначеність;
- професійну як наслідок недостатнього професіоналізму особи, що приймає рішення;
- обмежувальну (спричинену обмеженнями в ситуації прийняття рішень, наприклад обмеження в часі та інш.);
- зовнішнього середовища, пов'язану з його поведінкою чи реакцією на процес прийняття рішення.

Крім того, невизначеність може мати стохастичну або нечітку природу. При прийнятті рішень стохастична невизначеність виникає при використанні даних, про які відомі не точні значення, а їх статистичні оцінки. Нечітка невизначеність властива практично будь-якій ситуації експертного оцінювання і може бути об'єктивною, властивою всім реальним величинам [6] чи суб'єктивною, властивою людській природі в цілому, і особливо можливостям людини оцінювати інформацію. Причинами виникнення суб'єктивної невизначеності є [7]:

- неповнота знань експерта про властивості об'єктів;
- його недостатній ступінь впевненості в правильності свої оцінок;
- суперечливість експертних знань;
- нечіткість представлення інформації;
- семантична невизначеність, пов'язана з неоднозначністю природної мови, недовизначеністю понять і термінів;
- особливості агрегування індивідуальних експертних оцінок тощо.

Отже, умови невизначеності при прийнятті рішень характеризуються відсутністю достатньої кількості інформації для доцільної організації дій. Якість процесу розробки рішень залежить від повноти врахування всіх факторів, що впливають на наслідки прийнятих рішень. Невизначеність можна усунути повністю чи частково двома шляхами: поглибленим вивченням наявної інформації або набуттям інформації, якої не вистачає.

**Матеріали та результати досліджень.** Всі реальні величини, оцінка яких здійснюється експертним шляхом, є наближеними. Крім неточності вимірюваних величин існує ряд нечітких експертних факторів, які можна поділити на два види [8]:

- до першого виду відносяться ті, що проявляються в судженнях експертів у явному вигляді (невизначеність, нечіткість, неточність, недовизначеність);

– до другого виду відносяться ті, для виявлення яких слід застосовувати спеціальні алгоритми (неповнота, немонотонність, протирічливість, некоректність, недетермінованість, ненормованість). В подальшому зазначені характеристики будемо позначати «розмитість».

Нехай  $X$  – універсальна множина  $m$  - мірних об'єктів, що описує сукупність усіх можливих варіантів вибору експерта. Розміте поняття, що характеризує відповідний критерій вибору, представляється нечіткою множиною. Міра належності  $\mu$  є ступенем впевненості експерта в тому, що елемент  $x$ ,  $x \in X$ , належить множині  $A$ . Розмита функція належності інтерпретується як область нечутливості (неточності, невизначеності) експерта при визначенні функцій належності об'єктів  $x$ ,  $x \in X$ , до множини  $A$ . Величина інтервалу, тобто «ступінь впевненості» експерта у своїй оцінці, є характеристикою кількісної міри цієї неточності. Формально ця невизначеність може бути визначена з допомогою «зернистості» [7], яка відображає міру неточності параметра, що вимірюється, по відношенню до величини «зерна». «Зерно» є неподільною (неточною) одиницею вимірювання цього параметра. У нашому випадку таким параметром є сама функція належності, яка визначається на інтервалі  $[0,1]$ , найменша одиниця якого визначає граничну зернистість шкали. Величину зерна визначають з міркувань «межі розрізнення» зерен для експерта. Залежно від умов задачі експертного оцінювання, методів визначення величини та інших аспектів, розрізняють декілька способів задання розмитої інформації.

Спосіб 1. «Рівномірно розподілена розмитість», коли за умовами задачі уся множина допустимих значень розмитої величини є рівноцінною або коли відомий лише інтервал значень розмитої величини і відсутня можливість отримання детальнішої інформації про цей інтервал. Розмита функція належності в цьому випадку може бути задана:

- у вигляді інтервалу,  $\mu_A(x) \in [\mu_A^H(x), \mu_A^B(x)]$ ;
- із зазначенням абсолютної неточності,  $\mu_A(x) = \mu_A^0(x) \pm \Delta\mu_A(x)$ , де  $\mu_A^0(x)$  - «найімовірніше» значення функції належності величини  $x$  до множини  $A$ ,  $\Delta\mu_A(x)$  - «точність вимірювання»;
- із зазначенням відносної неточності,  $\mu_A(x) = \mu_A^0(x) \pm \varepsilon\mu_A^0(x)$ ,  $\varepsilon \in (0,1]$ .

За допомогою поняття зернистості можна визначити «міру точності» експертної оцінки [7,8]. Позначимо цю міру через  $\delta_1$ , а величину зерна через  $\delta_2$ . Тоді залежно від способу представлення розмитої функції належності, величина  $\delta_1$  визначається за однією з формул

$$\begin{aligned}\delta_1 &= \delta_2 / (\mu_A^B(x) - \mu_A^H(x)), \\ \delta_1 &= \delta_2 / \Delta\mu_A(x), \\ \delta_1 &= \delta_2 / \delta_3\mu_A(x),\end{aligned}\tag{1}$$

де  $\delta_3, \delta_3 \in [0,1]$  – міра впевненості експерта у своїй оцінці.

Спосіб 2. «Багатозначна розмитість», коли результати окремих вимірювань розмитої величини одержано у вигляді точкових оцінок і вони не співпадають між собою.

Спосіб 3. «Трьохточкова розмитість», коли відомо границі зміни розмитості величини, а також її найімовірніше для експерта значення. Такий спосіб можна описати, наприклад, трикутною функцією належності.

Спосіб 4. «Нерівномірно розподілена розмитість», коли розмите значення функції належності описується деякою функцією, яка не обов'язково є трикутною або трапецієподібною.

Врахування суб'єктивного фактора при побудові функцій належності є принциповим, оскільки значення функції належності є суб'єктивною імовірністю. Слід обов'язково враховувати психологічні особливості експерта – його реалістичність, незалежність, правдивість, схильність до ризику тощо. Наприклад у випадку одного експерта маємо

$$\mu_A(x) = \delta_4 \mu_A^H(x) + (1 - \delta_4) \mu_A^B(x), \quad (2)$$

де  $\delta_4, \delta_4 \in [0, 1]$  – міра «ризиковості» експерта.

При колективному експертному оцінюванні застосовується двоетапна процедура скаляризації по кожному експерту і по експертній групі в цілому. В загальному випадку враховуються коефіцієнти компетентності експертів  $k_i \in [0, 1], i \in L, \sum k_i = 1$ .

Позначимо індивідуальну функцію належності, скаляризовану формулою (2), через  $\mu_A(x_j^i), i \in L, j \in I$ . Досить часто за найкращий вибирають об'єкт, що має максимальний ступінь належності нечіткій множині [8], тобто

$$\mu_A(x) = \max_{j \in I} \min_{i \in L} (k_i \mu_A(x_j^i)). \quad (3)$$

В [7] вказується на ефективність лінійної згортки при експертному оцінюванні

$$\mu_A(x) = \max_{j \in I} \sum_{i \in L} k_i \mu_A(x_j^i). \quad (4)$$

Якщо коефіцієнти компетентності експертів вважати за розподілення ймовірностей, то можна використовувати критерії Байеса-Лапласа чи Гурвіца

$$\mu_A(x_i) = \max_{j \in I} \sum_{i \in L} k_i \mu_A(x_i^j) / n, \quad (5)$$

$$\mu_A(x_i) = \max_{j \in I} \left( \alpha \min_{i \in L} k_i \mu_A(x_i^j) + (1 - \alpha) \max_{i \in L} k_i \mu_A(x_i^j) \right), \quad (6)$$

де  $n$  – кількість експертів.

Можна використовувати різні способи формалізації індивідуальних розмитих функцій належності, заданих експертами у вигляді інтервалів, до колективної функції належності. Найчастіше границі результуючого інтервалу визначають як центри ваги множин  $\mu_A^{*H}(x_j^i)$  та  $\mu_A^{*B}(x_j^i), i \in L, j \in I$ , за формулами

$$\mu_A^{*H}(x_j) = \sum_{i \in L} k_i \mu_A^H(x_i^j) / n, \quad \mu_A^{*B}(x_j) = \sum_{i \in L} k_i \mu_A^B(x_i^j) / n. \quad (7)$$

Якщо розподіл значень всередині індивідуальних інтервалів не є рівномірним при визначенні результуючих інтервалів, то також враховується відповідним чином. Остаточні результуючі інтервали функції належності визначаються шляхом застосування до них визначених критеріїв «ступеня неточності» оцінки, які ґрунтуються на співмірності визначеного інтервалу із зернистістю масштабу вимірів. Результуючі функції належності визначаються у вигляді точки або інтервалу за принципом

$$\mu_A^*(x_i) = \begin{cases} 0,5(\mu_A^{*H}(x_i) + \mu_A^{*B}(x_i)), & \text{якщо } \mu_A^{*B}(x_i) - \mu_A^{*H}(x_i) \leq \delta_2, \\ [\mu_A^{*H}(x_i), \mu_A^{*B}(x_i)], & \text{якщо } \mu_A^{*B}(x_i) - \mu_A^{*H}(x_i) > \delta_2, i \in L. \end{cases} \quad (8)$$

На останньому етапі до результуючих інтервалів можливих значень функцій належності по кожному об'єкту застосовуються критерії (3)-(6).

Ефективність викладеного вище підходу підтверджується дослідженнями, результати яких опубліковані в [9].

Так для визначення величини шляху, необхідного для зупинки транспортного засобу і відстані, на якій знаходився цей транспортний засіб від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху використовується змінна  $\varphi$  – коефіцієнт зчеплення, від значення якої в значній мірі залежать висновки експертизи ДТП:

а) за діючою методикою (з врахуванням стохастичної невизначеності) [2-5] коефіцієнт зчеплення приймає для певної ділянки дороги досить широкий діапазон значень  $p(\varphi)$  показаний на рис.

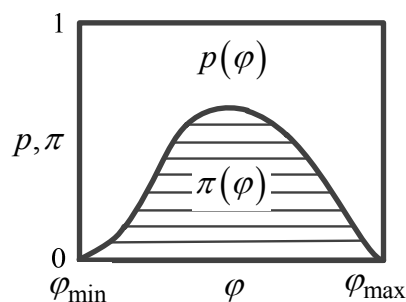


Рисунок – Області невизначеності величини коефіцієнта зчеплення з врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності

б) за запропонованим підходом (з врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності) область невизначеності коефіцієнта зчеплення значно знижується до  $\pi(\varphi)$ , а потім перетворюється у чітку форму за допомогою одного з методів дефазифікації, найбільш поширеним з яких є метод центра тяжіння [7,8].

**Висновки.** Обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів можливо забезпечити лише за умови достовірності вихідних даних. Відома методика в багатьох випадках дозволяє оцінити лише діапазон можливих значень вихідних змінних на основі врахування стохастичної

невизначеності, що ускладнює об'єктивність прийняття рішення при аналізі причин ДТП. Запропонований вище підхід, на відміну від відомої методики, дозволяє врахувати як стохастичну, так і нечітку невизначеність і звужити діапазон можливих оцінок, що підвищує об'єктивність прийняття рішень та дозволяє рекомендувати його як альтернативу існуючій методиці для застосування в практиці автодорожньої експертизи.

**Список літератури:** 1. Аварійність на автошляхах України - Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем : офіційний web-сайт Департаменту ДАІ МВС України [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2012.pdf>. 2. Туренко А. Н. Автотехническая экспертиза : Учебное пособие / А. Н. Туренко, В. И. Клименко, А. В. Сараев. – Харьков : ХНАДУ, 2007. – 156 с. – ISBN 978-966-303-161-5. 3. Сумець О. М. Основи експертизи дорожньо-транспортних пригод: автотехнічна експертиза : Навчальний посібник / О. М. Сумець, В. Ф. Голодий. – К.: Хай-Тек Прес, 2008. – 160 с. – ISBN 978-966-2143-18-8. 4. Суворов Ю. Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: Учеб. пособие / Ю. Б. Суворов. – М.: Экзамен, 2003. – 208 с. – ISBN 5-94692-404-4. 5. Тартаковский Д. Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д. Ф. Тартаковский. – СПб.: Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с. – ISBN 5-94201-409-4. 6. Дубовой В. М. Моделі прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами : монографія / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2008. – 185 с. – ISBN 978-966-641-251-8. 7. Гнатієнко Г. М. Експертні технології прийняття рішень: Монографія / Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк. – К.: ТОВ «Маклаут», 2008. – 444 с. ISBN 978-966-96939-4-8. 8. Норвич А. М. Построение функций принадлежности / А. М. Норвич, И. Б. Турксен // Нечеткие множества и теория возможностей. – М.: Радио и связь, 1986. – С. 64-71. 9. В. А. Кашканов. Інтелектуальна технологія ідентифікації коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП : монографія / В. А. Кашканов, В. М. Ребедайло, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 129 с. – ISBN 978-966-641-424-6.

*Надійшла до редколегії 12.05.2013*

УДК 656.084

**Мінімізація суб'єктивності експертного оцінювання в задачах автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод / А. А. Кашканов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 29 (1002). – С. 120–125. – Бібліогр.: 9 назв.**

Рассмотрены причины возникновения субъективной неопределенности экспертного оценивания при проведении экспертиз дорожно-транспортных происшествий, и ее влияние на интерпретацию аналитических результатов исследований и расчетов. Предложены пути минимизации субъективности экспертного оценивания при решении типичных задач автотехнической экспертизы, которые базируются на использовании системы обобщающих функций, построенных на основе аксиом теории вероятностей, нечеткой логики и обработки числовых данных.

**Ключевые слова:** система водитель-автомобиль-дорога, субъективная неопределенность, экспертное оценивание, принятие решений, экспертиза дорожно-транспортных происшествий.

Reasons of subjective origin vagueness of expert evaluation are considered during realization of road traffic accidents examinations, and her influence on interpretation of analytical results of researches and calculations. The ways of minimization of expert evaluation subjectivity are offered at the decision of typical tasks of motor-vehicle examination, which are based on the use of the summarizing functions system, built on the basis of axioms of chances theory, fuzzy logic and processing of numeric data.

**Keywords:** the system a driver-car-road, subjective vagueness, expert evaluation, making decision, examination of road traffic accidents.